

2. välikoe ja tentti 12.12.2014

- Ympyröidyt kysymykset (1, 2, 3, 4, 5) kuuluvat 2. välikokeeseen.
- Neliöidyt kysymykset (3, 4, 5, 6 ja 7) kuuluvat tenttiin.
- Välikokeessa saa käyttää laskinta, mutta se ei saa olla ohjelmoitava.
- Kääntöpuolella kaavoja ja alhaalla vakioita.
- Muista antaa kaikupalautetta arvosanan saamiseksi!

① Huoneilmasta löytyvä radonin isotooppi $^{222}_{86}\text{Rn}$ on alfa-hajoava nuklidi ($T_{1/2}=3.82$ vuorokautta). a) Laske yhdessä tällaisessa alfa-hajoamisessa vapautuva energia. b) Tietyissä huoneissa keuhkojen $^{222}_{86}\text{Rn}$ -aktiivisuus on keskimäärin 1.2 Bq. Laske kuinka suuren ekvivalenttiansiannon keuhkot (massa=2.1 kg) saavat radonin hajoamisesta vuorokauden aikana. Alfa-hajoamiselle $\text{RBE}=20 \text{ Sv/Gy}$. Voit olettaa alfa-hiukkasten saavan kaiken hajoamisenergian ja että kaikki alfa-hiukkaset absorboituvat kudokseen. Tarvittavat atomimassat: $^{222}_{86}\text{M}=222.017570 \text{ u}$, $^{218}_{84}\text{M}=218.008973 \text{ u}$, $^4_2\text{M}=4.002603 \text{ u}$.

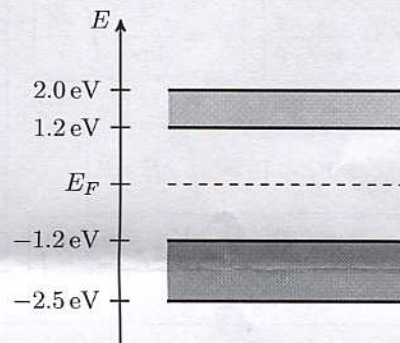
② Sinimuotoinen sähkömagneettinen aalto etenee tyhjiössä $+z$ -suuntaan. Aallon magneettikenttä on koko ajan y -akselin suuntainen. Sähkökentän amplitudi on $1.10 \cdot 10^5 \text{ V/m}$. Aallon taajuus on $3.10 \cdot 10^{13} \text{ Hz}$. a) Laske aallon aallonpituus. b) Kirjoita vektorimuotoinen lauseke aallon magneettikentälle.

③ Röntgenputkessa elektroneja kiihdytetään 5.00 MV:n jännitteellä. a) Laske elektronin lepoenergia ja kiihdytetyn elektronin kokonaisenergia. b) Laske kuinka pitkä röntgenputki on kiihdytetyn elektronin mielestä, kun putken lepopituus on 4.3 cm.

④ Oheisessa kuvassa on vyökaavio, jossa on kuvattuna erään materiaalin valenssi- ja johtavuusvyöt. Vöiden ala- ja yläreunat ovat energioilla -2.5 eV, -1.2 eV, 1.2 eV ja 2.0 eV, kun energian nollataso on valittu Fermi-energialle.

a) Miltä aallonpituusväliltä materiaali voi absorboida valoa transitoissa näiden vöiden välillä?

b) Laske johtavuusvyön pohjalla olevien tilojen miehitystodennäköisyys lämpötilassa 293 K. Kuinka hyvin arvioisit tämän materiaalin johtavan sähköä huoneenlämpötilassa? Perustele!

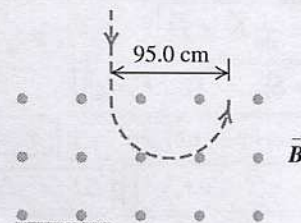


⑤ Selosta erittäin lyhyesti (muutama rivi/kohta):

- Miksi Zener-diodin virta kasvaa nopeasti vastajännitteen ylitettyä tietyn kynnyksarvon?
- Miten pallomaisesti etenevän smg-aallon intensiteetti muuttuu etäisyyden kasvaessa lähteeseen? Kerro tarkemmin kuin "pienenee" tai "kasvaa".
- Laboratorion suhteen paikallaan oleva varattu hiukkanen luo ympärilleen vain sähkökentän. Miten suhteellisuusteoria vaikuttaa laboratorion suhteen pienellä vauhdilla ($v \ll c$) liikkuvan havaitsijan mittaamiin varauksen aiheuttamiin sähkö- ja magneettikenttiin?
- Mikä on Paulin kieltoääntö ja miten se liittyy monielektronisiin atomeihin?

⑥ Elektroni kiihdytetään jännitteellä V_b vauhtiin v , jonka jälkeen se ohjataan magneettikenttään, jonka suuruus on 0.10 mT. Elektronin liikerata on piirretty oheiseen kuvaan.

- Laske elektronin vauhti magneettikentässä.
- Kuinka suuri jännite tarvittiin kiihdyttämään elektroni tähän vauhtiin?
- Miten hiukkasen liikerata olisi muuttunut magneettikentässä, jos se olisi elektronin sijaan ollut positroni ($q = +e$, $m = m_e$)?



⑦ Pitkän, sylinterimäisen johtimen poikkileikkaus on ympyränmuotoinen säteen ollessa $R = 5.0 \text{ mm}$. Johtimessa kulkee tasaisesti johtimen poikkipinta-alalle jakautunut vakiovirta $I = 1.50 \text{ A}$. Laske Amperen lain avulla virran aiheuttaman magneettikentän suuruus etäisyydellä a) $r = 2.5 \text{ mm}$, b) $r = 7.5 \text{ mm}$ johtimen keskiakselista.

Vakioita:

$$g = 9.80 \text{ m/s}^2$$

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$$

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\hbar = 4.136 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.055 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\mu_B = 5.788 \times 10^{-5} \text{ eV/T}$$

$$k = 1.38065 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$u = 1.660539 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_p = 1.007276 \text{ u}$$

$$m_n = 1.008665 \text{ u}$$

$$uc^2 = 931.5 \text{ MeV}$$

Huom! Kaikki kaavat eivät ole yleispäteviä vaan soveltuvat vain erikoistapauksiin.

$$\vec{A} \times \vec{B} = (A_y B_z - A_z B_y) \hat{i} + (A_z B_x - A_x B_z) \hat{j} + (A_x B_y - A_y B_x) \hat{k}$$

1. välikokeen alue:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r^2} \hat{r}$$

$$p = qd \quad \vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$$

$$\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{encl}}}{\epsilon_0}$$

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r} \quad V = \frac{U}{q_0}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \quad V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r}$$

$$W_{a \rightarrow b} = q_0(V_a - V_b) = U_a - U_b$$

$$V_{ab} = V_a - V_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\vec{E} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \hat{k}\right)$$

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} \quad C = \epsilon \frac{A}{d}$$

$$U = \frac{Q^2}{2C} \quad u = \frac{1}{2} \epsilon E^2$$

$$C = KC_0 \quad \epsilon = K\epsilon_0$$

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad J = \frac{I}{A}$$

$$\vec{J} = nq\vec{v}_d \quad \vec{E} = \rho\vec{J}$$

$$\rho(T) = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad \rho = \frac{m}{ne^2 \tau}$$

$$V = IR \quad P = V_{ab} I$$

$$\sum I_{\text{in}} = \sum I_{\text{out}} \quad \sum V = 0$$

$$q = C\mathcal{E}(1 - e^{-t/RC})$$

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B} + \vec{E})$$

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

$$d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B} \quad \vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

$$\vec{\mu} = NI\vec{A} \quad nq = \frac{-J_x B_y}{E_z}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \hat{r}}{r^2}$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad B = \mu_0 n I$$

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \mu_0 \vec{M} \quad \vec{B} = K_m \vec{B}_0$$

$$\vec{M} = \frac{\vec{\mu}_{\text{total}}}{V}$$

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(i_c + \epsilon \frac{d\Phi_E}{dt} \right)_{\text{encl}}$$

$$M = \frac{N_2 \Phi_{B,2}}{i_1} \quad \mathcal{E}_2 = -M \frac{di_1}{dt}$$

$$L = \frac{N\Phi_B}{i} \quad \mathcal{E} = -L \frac{di}{dt}$$

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \quad u = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

$$i(t) = \frac{\mathcal{E}}{R} (1 - e^{-tR/L})$$

2. välikokeen alue:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad E = cB$$

$$\frac{\partial^2 E_y(x, t)}{\partial x^2} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 E_y(x, t)}{\partial t^2}$$

$$\vec{E}(x, t) = E_{\text{max}} \hat{j} \cos(kx - \omega t)$$

$$\vec{B}(x, t) = B_{\text{max}} \hat{k} \cos(kx - \omega t)$$

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$$

$$I = S_{\text{av}} = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_{\text{max}}^2$$

$$x' = \gamma(x - ut) \quad y' = y \quad z' = z$$

$$t' = \gamma(t - ux/c^2) \quad \Delta t = \gamma \Delta t_0$$

$$l = \frac{l_0}{\gamma} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$$

$$v'_x = \frac{v_x - u}{1 - uv_x/c^2}$$

$$v_x = \frac{v'_x + u}{1 + uv'_x/c^2} \quad \vec{p} = \gamma m \vec{v}$$

$$E = K + mc^2 \quad E = \gamma mc^2$$

$$E = \sqrt{(mc^2)^2 + (pc)^2}$$

$$E_x = E'_x \quad E_y = \gamma(E'_y + uB'_z)$$

$$E_z = \gamma(E'_z - uB'_y) \quad B_x = B'_x$$

$$B_y = \gamma(B'_y - u/c^2 E'_z)$$

$$B_z = \gamma(B'_z + u/c^2 E'_y)$$

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} \quad E = pc$$

$$\lambda = h/p \quad p = h/\lambda$$

$$hf - \phi = eV_0 \quad hf = E_f - E_i$$

$$hf = E_i - E_f$$

$$E_n = -\frac{13.60 \text{ eV}}{n^2}$$

$$m\lambda = d \sin \theta$$

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar/2 \quad \Delta E \Delta t \geq \hbar/2$$

$$E_n = \frac{n^2 \hbar^2}{8mL^2} \quad \psi_n = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$$

$$f(E) = \frac{1}{e^{(E-E_F)/kT} + 1}$$

$$I = I_s (e^{eV_b/kT} - 1)$$

$$E_B = (ZM_H + Nm_n - \frac{A}{Z}M)c^2$$

$$\beta^+: Q = (M_P - M_D - 2m_e)c^2$$

$$\beta^-, \text{ EC}: Q = (M_P - M_D)c^2$$

$$Q = (M_P - M_D - M_{\frac{1}{2}\text{He}})c^2$$

$$Q = (M_A + M_B - M_C - M_D)c^2$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad T_{\text{mean}} = \frac{1}{\lambda} = \frac{T_{1/2}}{\ln 2}$$

$$A(t) = \left| \frac{dN(t)}{dt} \right| = \lambda N(t)$$

$$D = \frac{E_{\text{abs}}}{m} \quad H = \text{RBE} \times D$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi(x)}{dx^2} + U(x) \psi(x) = E \psi(x) \quad \int_{-\infty}^{\infty} |\psi|^2 dx = 1$$